

## A Indústria de Cloro-Soda

JOSÉ EDUARDO PESSOA DE ANDRADE /  
JANUSZ ZAPORSKI\*

**RESUMO** Discutir a indústria de cloro-soda, fornecedora de insumos intermediários para a indústria química e para vários outros setores industriais, tem sido atribuição restrita a especialistas. O presente trabalho, considerando a sua importância econômica e as grandes polêmicas ambientais envolvidas, pretende contribuir para maior difusão do conhecimento sobre a indústria e facilitar o encaminhamento das principais questões que precisam ser enfrentadas. Destacamos a necessidade de investimentos no controle ambiental, na melhoria da infra-estrutura, no aumento da eficiência operacional das plantas e na reestruturação do modelo empresarial do complexo.

**ABSTRACT** *The discussion of the chlorine-soda industry, supplier of intermediates to the chemical industry and to other industrial sectors, has been an attribution restricted only to specialists. Considering the economic importance and great environment concerns involved, this present study, expects to contribute for a larger understanding of this industry and to make it easier for the guidance of the main disputes that should be faced. We give emphasis of the necessity of investments in environment controls, improvements in the infrastructure plants efficiency upgrade and the restructure of the current entrepreneurial model.*

\* Respectivamente, gerente e engenheiro do Complexo Químico do BNDES.

## 1. Introdução

O Sistema BNDES tem apoiado o segmento de cloro-soda participando acionariamente e com financiamentos em 10 empresas, que respondem por 73% da produção brasileira atual. Portanto, no intuito de procurar balizamentos para análises de futuros investimentos, o presente trabalho pretende abordar a evolução do setor, bem como o atual cenário mundial e brasileiro, procurando enfocar principalmente as suas perspectivas, o impacto no consumo do cloro, devido às pressões ambientais, e a competitividade do parque produtivo brasileiro.

Por que são enfocados dois produtos tão diferentes, de mercados totalmente distintos, como soda cáustica e cloro? Porque os dois são gêmeos, pois são gerados ao mesmo tempo em uma mesma fonte e, embora diferentes, são fraternos. De fato, estes produtos são produzidos concomitantemente, por processo de eletrólise (decomposição por corrente elétrica contínua), o qual responde por mais de 98% da produção mundial.

A soda cáustica e o cloro constituem um dos pontos de partida, como matérias-primas básicas, para a indústria química mundial. Mais de 50% das vendas químicas mundiais dependem, em alguma etapa do seu processo produtivo, da química do cloro. No nosso cotidiano, utilizamos vários produtos derivados deste setor: papel, produtos farmacêuticos, CDs, filmes para fotografias e alvejantes são alguns exemplos. Até o gás lacrimogêneo é derivado do cloro. Também não se pode esquecer que o seu uso tornou possível a vida comunitária em grande escala, pois é um excelente germicida para o tratamento da água. A importância da soda cáustica e do cloro pode ser exemplificada na produção americana de produtos químicos, onde ocupam, respectivamente, o oitavo e o décimo lugares, conforme o Gráfico 1, a seguir.

No Brasil, este segmento desempenha um papel importante na economia, movimentando ao redor de US\$ 2,5 bilhões/ano, consumindo 50% da produção salineira nacional e 3% da energia elétrica.

## 2. Caracterização Histórica do Segmento

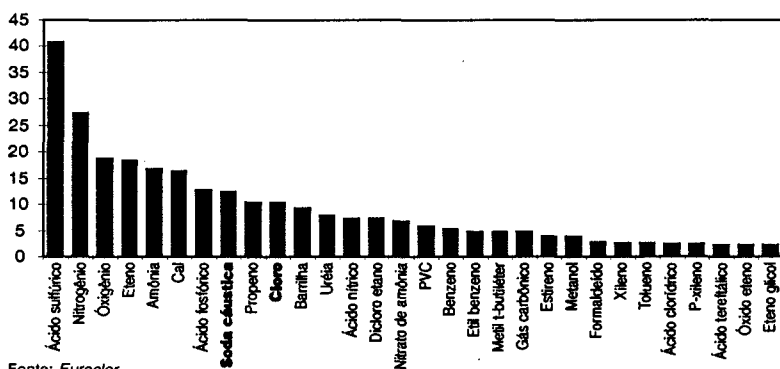
### Aspectos Tecnológicos

Os álcalis (soda cáustica e carbonato de sódio) fazem parte dos produtos mais antigos na história da indústria química. O carbonato de sódio era

GRÁFICO 1

### Produção de Soda Cáustica e Cloro nos Estados Unidos em Relação a *Commodities* Químicas — 1992

Milhões de t/Ano



Fonte: Eurocolor.

extraído há séculos das cinzas de plantas marinhas, com posterior conversão em soda cáustica, para fabricação de sabões. O uso comercial da soda cáustica se iniciou no século 18 e logo já estava difundido entre fabricantes de sabões, papel e limpeza de lã.

O aumento do consumo levou a Academia Francesa de Ciências a instituir um prêmio para a descoberta de um processo mais eficiente para a obtenção do carbonato de sódio. Seu ganhador foi Nicolas Leblanc, que em 1790 patenteou o primeiro processo para produção, por síntese química, do carbonato de sódio (barrilha). A barrilha posteriormente foi combinada com a cal (obtida a partir da calcinação do calcário) para a produção de soda cáustica. Porém, esta rota produtiva foi substituída no final do século 19 pelos seguintes processos: Solvay (para obtenção de carbonato de sódio) e Castner (eletrolise de solução de sal comum para produção, em conjunto, de soda cáustica e cloro).

O surgimento do processo de eletrólise possibilitou a produção de soda com menor custo, mas apresentou o inconveniente de gerar o subproduto cloro, que na época só tinha utilização no branqueamento de tecidos. O processo de eletrólise só passou a ter relevância um pouco antes da Primeira Guerra Mundial, quando foram descobertas novas aplicações para o cloro. Durante a guerra foi amplamente utilizado nos gases tóxicos, quase todos compostos de cloro-gás ou seus derivados, como o fosgênio, mais conhecido como gás mostarda. O primeiro ataque químico foi na batalha de Ypres, em abril de

1915, quando os alemães despejaram quantidades maciças de cloro-gás, que se alastrou com o vento favorável, como uma densa neblina sobre as trincheiras inglesas. Em 1925, já se usava bastante cloro na indústria de papel e celulose, mas o processo de eletrólise só participava com 6% da produção mundial de soda cáustica. Como fonte de soda cáustica, somente depois de 1940 o processo de eletrólise superou aquele obtido a partir da barrilha e, após a década de 60, passou a participar com 98%. Aliás, foi nessa época (1940/60) que se iniciou o grande crescimento no consumo de cloro, em decorrência do surgimento progressivo de novos derivados químicos clorados de grande repercussão mundial, como, por exemplo, o PVC e o pesticida DDT. O Gráfico 2, a seguir, ilustra a evolução da produção de cloro nos últimos 60 anos.

## Aspectos Mercadológicos

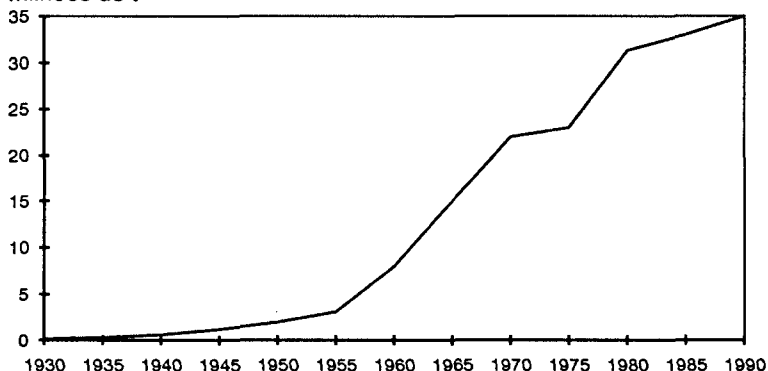
Quando se consolidou o processo da eletrólise, o desempenho global do segmento passou a depender da importância relativa da soda cáustica e do cloro, bem como do balanceamento verificado entre suas demandas para cada período. Portanto, a rentabilidade do segmento cloro-soda varia bastante em função do período estudado.

Se for analisado o segmento em longos períodos, pode-se constatar que houve equilíbrio na relação entre as demandas do cloro e da soda cáustica até o início da década de 80. Este equilíbrio foi basicamente decorrente da

GRÁFICO 2

### Evolução da Produção Mundial de Cloro — 1930/90

Milhões de t



Fonte: Kirk-Othmer/Ulmann's Encyclopedia/Euroclor.

grande diversificação de cloroderivados, que surgiram entre as décadas de 40 e 70, período no qual se desenvolveram produtos que acabaram tendo grandes volumes de produção. A evolução mundial deste segmento naquele período estava diretamente relacionada com o enorme desenvolvimento verificado na indústria petroquímica, que é uma grande demandante do cloro. Muitas grandes empresas deste setor, notadamente dos países desenvolvidos, passaram a ter plantas de cloro-soda para consumo cativo do cloro e venda, como subproduto, da soda cáustica para terceiros. Também naquele período as indústrias de papel e celulose tiveram excelente crescimento, demandando, em muitos casos, plantas cativas de cloro-soda (a soda cáustica é utilizada para digestão dos cavacos de madeira, enquanto o cloro serve para seu branqueamento).

A partir da década de 80, o equilíbrio verificado entre os consumos de cloro e de soda cáustica, gerados pelas plantas eletroquímicas, passou a ser crescentemente desestabilizado, em face do ritmo maior de crescimento da soda cáustica em relação ao cloro. O segmento da soda cáustica, cuja demanda acompanha basicamente a evolução da economia, é considerado maduro. Entretanto, os derivados do cloro tiveram seu crescimento cerceado por pressões ambientais, destacando-se os seguintes setores e aplicações atingidos:

- papel e celulose, iniciando a substituição do cloro utilizado no branqueamento da celulose por peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e oxigênio;
- PVC, notadamente no segmento de embalagens de alimentos;
- restrição ao uso dos clorofluorcarbonos (CFCs), devido ao problema de ozônio na atmosfera terrestre, decidido pelo Acordo de Montreal; e
- limitações crescentes ao uso de solventes e pesticidas clorados.

No período 1992/93, quando a recessão mundial e a oferta dos países da antiga União Soviética provocaram excedentes de alumínio, houve sobras de soda, acarretando uma sensível baixa dos seus preços no mercado *spot*. A conseqüente redução da produção terminou provocando elevação dos preços do cloro. Assim, desde a década de 80, o setor passou a sofrer oscilações mais acentuadas em seus preços, sendo mais afetadas as empresas não-integradas, ou seja, aquelas que têm a soda cáustica como principal produto e o cloro sem destino cativo.

### 3. Importância Econômica

#### Cloro

*“Deus criou 91 elementos químicos, o homem adicionou em torno de uma dúzia e o demônio veio com um: o cloro.”* Este é o refrão dos críticos mais ferrenhos do cloro, pregando a sua eliminação total na produção química. De fato, a indústria de cloro está sofrendo muitas ameaças em decorrência dos riscos à saúde humana que a exposição a alguns de seus derivados representa. No entanto, os desafios que o produto possivelmente enfrentará no futuro podem afetar o setor químico como um todo. A importância econômica do cloro para o complexo químico é evidenciada pelos seguintes dados:

- farta existência do cloreto de sódio na natureza;
- obtenção, a baixo custo, através da eletrólise da salmoura (solução aquosa de cloreto de sódio), produzindo-se, associados, soda cáustica e hidrogênio;
- alta reatividade, combinando-se facilmente com os relativamente inertes derivados petroquímicos; aliás, boa parte do cloro usado na indústria química não se destina à obtenção do produto final, sendo utilizado para formar intermediários clorados, bastante reativos, possibilitando gerar reações químicas que, de outra forma, não iriam ocorrer (o cloro, que participou nestas reações, sai da indústria em forma semelhante à que entrou, como solução salina);
- 25% da mão-de-obra empregada na indústria química estão envolvidos com atividades relacionadas com o cloro;
- 98% do tratamento de água utilizam o cloro como agente bactericida; e
- 95% dos defensivos agrícolas e 85% dos fármacos são oriundos de reações que utilizam o cloro e/ou seus derivados em alguma etapa do processo; estima-se que, para substituir, nos Estados Unidos e no Canadá, as indústrias químicas dependentes do cloro por outras que estejam totalmente independentes (*chlorine-free industries*) seriam demandados investimentos da ordem de US\$ 60 bilhões.

O transporte e a estocagem de cloro oferecem riscos e são muito onerosos, sendo portanto utilizados basicamente por indústrias localizadas próximo à sua produção ou para consumo cativo. Outra forma para contornar o proble-

ma de transporte e estocagem do cloro é transformá-lo num intermediário, como, por exemplo, o DCE (dicloroetano), utilizado para produção do PVC.

## Soda Cáustica

A soda cáustica (hidróxido de sódio, na nomenclatura química) é um produto derivado de reações químicas que, na temperatura ambiente, quando puro, apresenta-se como um sólido cristalino branco. É conhecido como soda cáustica porque a solução aquosa do mesmo, ainda que diluída, é corrosiva à pele. Ela não é encontrada na natureza, mas seu insumo, o sal (cloreto de sódio) é bastante abundante.

A sua importância econômica é avaliada pela participação na cadeia produtiva de diversos setores. Entre os principais, citam-se: alumínio, produtos metalúrgicos, têxteis, raíom, detergentes, sabões, alimentos, adoçantes, papel, curtumes e corantes.

## 4. Aspectos Técnicos

Os principais processos de obtenção de soda e cloro são:

- eletrólise, partindo da salmoura (solução do sal cloreto de sódio) e utilizando três tipos de células: de mercúrio (o processo mais antigo), de diafragma (o mais utilizado mundialmente) e de membrana (o mais moderno);
- partindo da trona (minério de carbonato de sódio) para produzir somente soda cáustica; e
- na produção de sódio e magnésio metálico, bem como na decomposição do ácido clorídrico, onde há a formação de cloro.

No processo de eletrólise há formação correlata de soda cáustica e cloro (na proporção de 1,12 para 1) e também hidrogênio. A nível teórico (eficiência de 100%), para cada mil ampères-hora de corrente contínua se poderia produzir 1,32 kg de cloro, 1,49 kg de soda cáustica e 0,037 kg de hidrogênio, mas, na prática, isto não acontece devido a perdas no processo (normalmente a eficiência do processo é de 95%). O hidrogênio obtido é normalmente usado na planta de cloro-soda como combustível ou é reagido com o cloro para obter ácido clorídrico.

O presente trabalho somente enfocará o processo de eletrólise (representado pelas células de mercúrio, diafragma e membrana), uma vez que o mesmo representa 98% da produção mundial de cloro-soda. A comparação entre o

TABELA 1

**Diferença entre os Três Processos de Eletrólise**

FATOR	MERCÚRIO	DIAFRAGMA	MEMBRANA
Especificação da Salmoura	Pura	Menos pura	Muito pura
Meio de Separação	Nenhum	Diafragma de asbesto	Membrana de troca iônica
Concentração da Soda (no licor)	NaOH 50% e hidrogênio	NaOH 10 a 12% e hidrogênio	NaOH 32 a 35% e hidrogênio
Consumo de Energia Elétrica	Alto	Baixo	Baixo
Consumo de Vapor	Nenhum	Alto	Baixo
Consumo Global de Energia	Alto	Alto	Baixo
Impacto no Meio Ambiente	Mercúrio é poluente	Asbesto é material perigoso para a saúde do trabalhador <sup>a</sup>	Nenhum

Fonte: *Ulmann's Encyclopedia* (1986, v. A.6).

<sup>a</sup> Existe uma diretiva da CE no sentido de que todos os produtores de cloro-soda nos países membros devem substituir os diafragmas de asbesto até 1998.

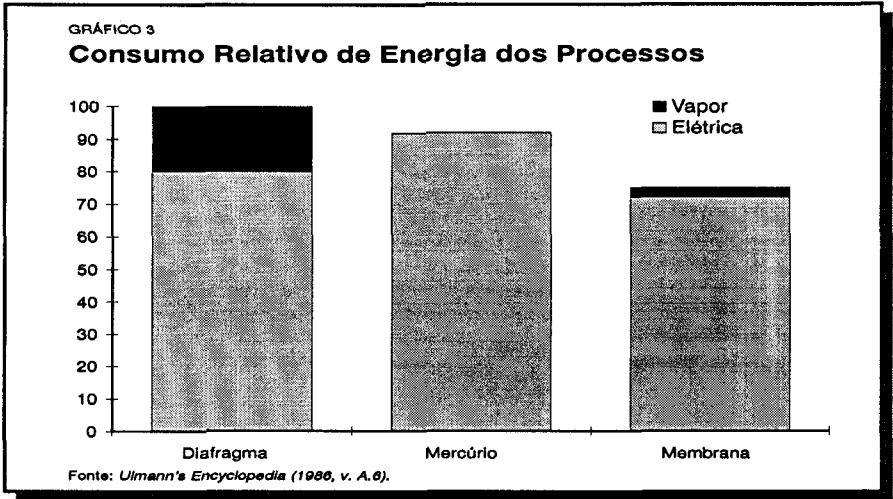
consumo de energia e o investimento entre os três processos de eletrólise é visualizada nos Gráficos 3 e 4, a seguir.

O processo de membrana apresenta as maiores vantagens em relação aos demais, pois exige menor investimento, oferece maior flexibilidade em termos de dimensionamento da capacidade e menor custo de produção (em decorrência do menor consumo energético), além de ser um processo "limpo". A única desvantagem é a exigência de matéria-prima (salmoura) de elevada pureza.

A participação mundial de cada processo está representada no Gráfico 5, a seguir, onde se constata a maior utilização das células de diafragma, correspondendo a 50% da capacidade global de produção de cloro-soda.

O processo de células de mercúrio é usado basicamente na Europa Ocidental e no Leste Europeu, onde representa 70% da capacidade produtiva de cloro-soda. A capacidade produtiva global das plantas à base de células de mercúrio tem apresentado sucessivas reduções, por questões ambientais. Registre-se, ainda, que no Japão há uma tendência no sentido da adaptação de plantas de diafragma para uso de membrana, cuja forte participação na





produção é sustentada pela presença de três líderes mundiais desta tecnologia: Asahi Glass, Asahi Chemical e Tokuyama. A reduzida participação da membrana nos Estados Unidos e na Europa é explicada pelo pequeno número de novas plantas instaladas após 1975. Tanto a Chem Systems como o Stanford Research Institute (SRI), importantes consultores internacionais, mantêm a expectativa de que novas unidades tenderão a usar principalmente a membrana. Cabe destacar que recentes inovações tecnológicas no processo de diafragma poderão reduzir as vantagens atuais do processo de membrana.

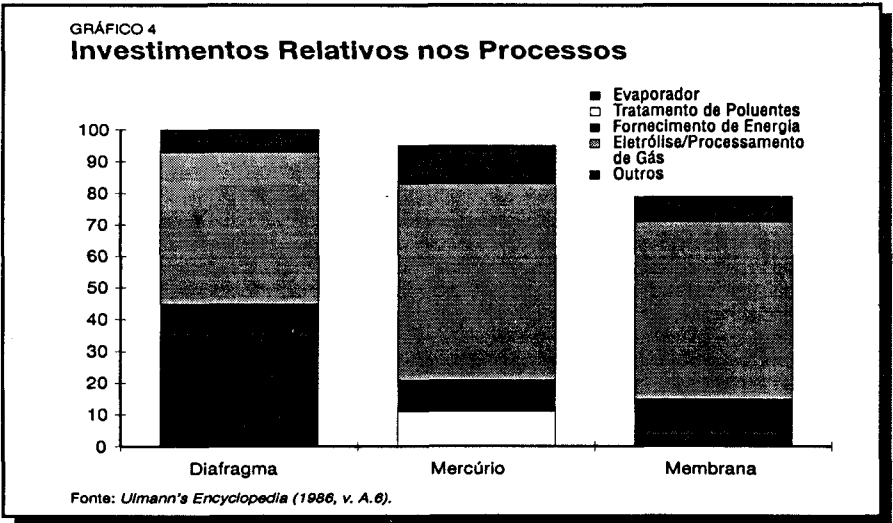
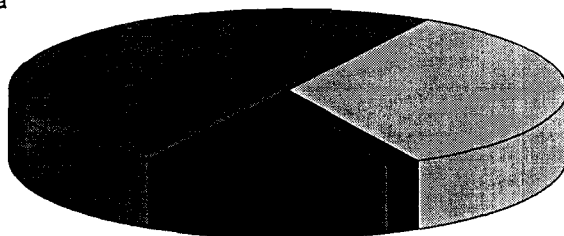


GRÁFICO 5

**Participação dos Processos Produtivos de Cloro-Soda no Mundo**

Diafragma  
50%



Mercúrio  
34%

Membrana  
14%

Outros  
2%

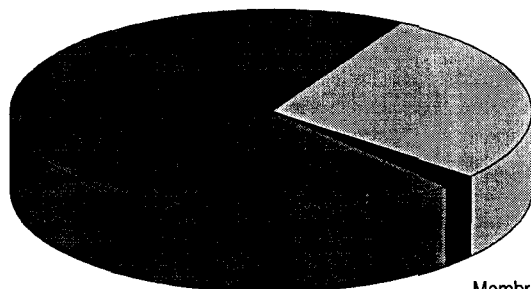
Fonte: Tecnon.

No Brasil, 28% da atual capacidade produtiva utilizam células de mercúrio, abaixo da média mundial (ver Gráfico 6). A elevada participação das plantas de diafragma no país é decorrente dos maiores investimentos neste setor terem sido realizados na década de 70, época em que tal processo ocupava a liderança tecnológica.

GRÁFICO 6

**Participação dos Processos Produtivos de Cloro-Soda no Brasil**

Diafragma  
70%



Mercúrio  
28%

Membrana  
2%

Fonte: Abiclor.

## 5. Mercado

No processo eletrolítico, por tonelada de cloro gerada é produzida 1,1 tonelada de soda cáustica. A soma dessas quantidades é denominada Unidade Eletrolítica (ECU), utilizada como referência nas avaliações sobre o segmento cloro-soda. As maiores aplicações mundiais da ECU estão apresentadas na Tabela 2.

### Estrutura da Demanda do Cloro

A única aplicação do cloro simples para o consumidor final é como agente bactericida no tratamento da água. Quanto aos seus derivados, o PVC é o principal, sendo usado largamente na construção civil (tubos e esquadrias).

O segundo maior uso do cloro são os derivados inorgânicos, onde se incluem o ácido clorídrico, o hipoclorito de sódio, o fosgênio e os cloretos metálicos (ferro, alumínio, estanho etc.). Com exceção do hipoclorito de sódio (conhecido também como água sanitária), usado como alvejante, estes derivados inorgânicos não aparecem nesta forma para o consumidor final. Entre os produtos finais adquiridos pelos consumidores, e que utilizam esses derivados como matérias-primas, citam-se: desodorantes, CDs, vitaminas, emulsões para fotografia e tintas.

O terceiro maior grupo é dos derivados organoclorados, que contêm oxigênio na molécula e cujo principal produto é o óxido de propeno, matéria-prima essencial para plastificantes, vernizes, poliuretanos e outros produtos que variam desde protetores solares a anticongelantes. Neste grupo estão também incluídos os derivados fenólicos clorados, utilizados como base na produção de corantes, resinas de troca iônica e aditivos para a indústria alimentícia.

Os derivados "C1", assim chamados porque contêm 1 carbono na sua molécula e, oriundos da cloração do metano ou metanol (clorometanos), também contribuem com um leque enorme de produtos, como, por exemplo,

TABELA 2  
**Maiores Aplicações Mundiais da ECU**

PRODUTO	% DO CLORO	% DA SODA
PVC	35	
Papel e Celulose	9	16
Alumínio		8

Fonte: "VCM Market Trends", apresentado por Oinstein Lydersen (Norsk Hydro) no seminário "1994 Dewitt Petrochemical Review".

silicones e silício metálico (insumo fundamental para os *chips* da indústria eletrônica). Neste grupo, encontram-se também os clorofluorcarbonos (CFCs), que, por causarem a diminuição do teor de ozônio na atmosfera terrestre, estão sendo substituídos por outros produtos.

Devido à alta diversidade dos derivados do cloro, muitos produtos não foram aqui mencionados, incluindo-se corantes, produtos farmacêuticos e agroquímicos.

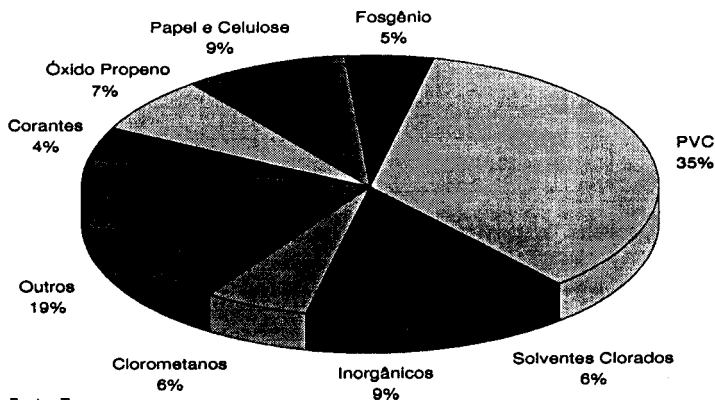
### **Principais Setores Consumidores de Cloro**

As principais indústrias consumidoras de cloro no mundo são mostradas no Gráfico 7, a seguir. O PVC, com metade da molécula composta por cloro, apresenta boa competitividade em relação a outras resinas termoplásticas. Isto porque o cloro pode ser fornecido por um preço muito menor do que os insumos orgânicos utilizados nessas resinas, como, por exemplo, o polietileno, que é totalmente baseado no eteno.

A grande mudança ocorrida nos últimos anos entre os grandes consumidores foi no setor de papel e celulose (atualmente o segundo maior consumidor), cuja participação vem caindo ano a ano, o que decorre basicamente da crescente recusa dos mercados americano e europeu em consumir papel oriundo de celulose branqueada com cloro, que pode conter quantidades residuais de dioxina (produto cancerígeno). A Tecnon (consultoria interna-

GRÁFICO 7

#### **Principais Segmentos Consumidores de Cloro no Mundo — 1993**



cional especializada) prevê que a participação do setor de papel e celulose no consumo total de cloro deverá cair de 10,8% em 1990 para 8,7% em 1994.

Por outro lado, existem dois segmentos que estão aumentando o consumo de cloro: dióxido de titânio (utilizado nos pigmentos brancos de tintas) e foscênio (usado principalmente como intermediário na produção das espumas de poliuretano). A indução do crescimento do consumo de cloro na produção de dióxido de titânio se dá por questões ambientais, uma vez que o processo menos poluente utiliza ácido clorídrico. (Os outros derivados importantes receberão comentários ao longo do texto.)

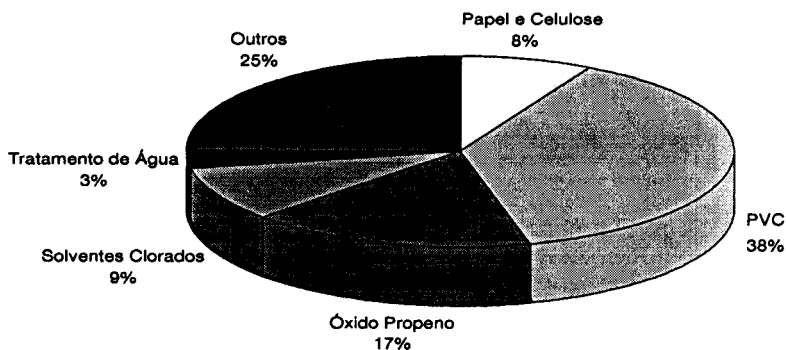
No Gráfico 8, a seguir, verifica-se que a estrutura da demanda de cloro no Brasil apresenta diferenças em relação ao perfil do consumo mundial, notadamente em PVC e óxido de propeno (intermediário com aplicação principal na fabricação das espumas de poliuretano), produtos cuja influência é maior no mercado brasileiro. Cabe destacar que a participação do setor de papel e celulose no consumo brasileiro de cloro caiu de 11% em 1988 para 8% em 1993, seguindo, portanto, a tendência mundial.

### ***Impactos Ambientais no Consumo de Cloro e seus Derivados***

Nos últimos anos têm ocorrido grandes mudanças estruturais no consumo de cloro em decorrência de pressões ambientais sobre vários cloroderivados. Na verdade, esta é uma questão que ainda suscita polêmica. Embora haja

GRÁFICO 8

#### **Vendas Setoriais Diretas de Cloro no Brasil — 1993**



Fonte: Abiclor.

Obs.: Não foram computadas as estatísticas de vendas e exportações.

controvérsias a respeito dos perigos dos organoclorados (derivados orgânicos clorados) ao meio ambiente, já se chegou ao consenso de que realmente muitos organoclorados são bastante estáveis e tendem a se concentrar nos tecidos vivos. Por exemplo, os efeitos nocivos sobre a fauna selvagem do pentaclorobenzeno (PCB) e do inseticida DDT já são reconhecidos há mais de 30 anos. Recentemente, a International Joint Commission (IJC), dos governos norte-americano e canadense, expressou a sua preocupação sobre crescentes evidências de que a exposição de animais e seres humanos aos organoclorados tóxicos, como os pesticidas BHC, DDT, dieldrin e outros, afeta a saúde humana, especialmente de mulheres e crianças (alguns estudos estabelecem os organoclorados como causa de câncer do seio e de nascimento de crianças defeituosas). Também não se pode esquecer a ocorrência de dois acidentes ambientais famosos envolvendo organoclorados: na localidade de Seveso (Itália), com a emissão de um conhecido cancerígeno, o tetraclorodibenzeno-p-dioxina (TCDD), mais conhecido como dioxina, e em Bhopal (Índia), com o vazamento de 25 toneladas do gás fosgênio da fábrica de isocianatos da Union Carbide, o qual causou a morte de três mil pessoas.

Além disto, na produção dos derivados organoclorados, há sempre a geração de outros subprodutos organoclorados, muitos deles podendo ser danosos à vida vegetal e animal, mesmo em baixas concentrações. Os padrões de concentração mínima para cada um destes organoclorados já foram estabelecidos pelos órgãos de controle ambiental dos países desenvolvidos, mas existem dúvidas sobre os efeitos de efluentes compostos de mistura de organoclorados, mesmo que a concentração de cada um deles esteja abaixo daqueles padrões. O tratamento de três efluentes é dispendioso (a incineração é o mais indicado), e em muitos casos os produtores, notadamente nos países em desenvolvimento, ainda usam a opção de aterros.

Como os dados sobre a estabilidade e toxidez de boa parte dos organoclorados envolvidos ainda são insuficientes, não há argumento concreto que justifique o banimento total do cloro e seus derivados, aspecto reforçado pela existência de alternativa técnica de eliminação total das emissões de derivados clorados nos efluentes (conhecido como *chlorine zero discharge*). Porém, a Environmental Protection Agency (EPA) de proteção ambiental do governo norte-americano, na revisão de 1.2.94 do "Clean Air Act" de 1972, propõe a criação de um grupo de trabalho para avaliar o uso e os efeitos nocivos ao ambiente e à saúde humana do cloro e seus derivados, bem como a disponibilidade de processos para obtenção de produtos substitutos para solventes clorados, PVC, tratamento de água, papel e celulose e outros. Isto significa que nos próximos anos poderão surgir novos esforços na busca de alternativas no uso de derivados clorados. A esse respeito, já existem iniciativas para a sua substituição, a saber:

- tendência de redução do uso de cloro na produção de papel e celulose em decorrência direta de pressão de grupos ambientais;
- decisões em 1987 e 1989, segundo o Acordo de Montreal e a Declaração de Helsinque, pelo banimento total dos derivados CFC (clorofluorcarbonos) até o ano 2000 e pela redução no consumo de alguns derivados dos clorometanos, devido às suas influências na diminuição da camada de ozônio na atmosfera;
- início da substituição de solventes clorados por outros; e
- mudanças na rota de obtenção de alguns produtos, as quais poderão reduzir ou até eliminar o uso do cloro.

Outra vertente, não aprofundada neste trabalho, é a redução do uso de embalagens de PVC para alimentos e bebidas.

As principais transformações ocasionadas pelas preocupações ambientais nos segmentos consumidores de cloro são destacadas a seguir.

#### a) Papel e Celulose

O exemplo concreto da viabilidade técnica de redução do uso do cloro vem da produção de celulose tipo sulfato branqueada, que representa 90% do consumo mundial do produto. De acordo com os processos de branqueamento, a celulose pode ser classificada em três tipos:

- *standard*, a mais produzida, que utiliza o cloro-gás e o dióxido de cloro;
- *elemental chlorine free* (ECF), que utiliza ainda o dióxido de cloro no branqueamento da polpa, mas eliminou a utilização do cloro-gás; e
- *totally chlorine free* (TCF), cujo branqueamento de celulose não utiliza nem cloro nem derivados em nenhuma parte do processo.

A discussão do uso do cloro na indústria de papel e celulose existe desde a década de 60, quando as preocupações ambientais começavam a ganhar força. A indústria foi obrigada a reduzir os efluentes, originários em grande parte no branqueamento da celulose, onde os derivados tóxicos organoclorados, como furanos, cloratos, clorofórmio, fenóis clorados (e, sob certas condições, dioxinas), podem também ser gerados.

O processo de produção da celulose *standard* baseia-se no branqueamento através do cloro-gás e do dióxido de cloro (obtido a partir do clorato de sódio), visando remover os 5% da lignina remanescente. Porém, o teor dos resíduos clorados no efluente deste processo está dentro dos parâmetros determinados pelos principais órgãos de meio ambiente no mundo. Cabe destacar que a legislação brasileira é bastante rigorosa no assunto. Por exemplo, as fábricas de papel e celulose, nos Estados Unidos, terão de se ajustar aos novos padrões da EPA até o ano 2000, aos quais boa parte das unidades brasileiras já estão adequadas.

A celulose ECF, introduzida no início da década de 70, consiste no branqueamento através do oxigênio, substituindo a utilização do cloro-gás, mas permanecendo a etapa do branqueamento através do dióxido de cloro, aumentando, porém, em torno de 40%, seu consumo. O branqueamento através do oxigênio elimina 50% da lignina remanescente, caindo pela metade os resíduos clorados. Ela apresenta também a vantagem de menor custo de produção (o custo do branqueamento é maior, mas o do tratamento dos efluentes é bem menor). Este processo, que é o mais utilizado na Europa, recentemente foi selecionado pela EPA como o mais indicado para reduzir a dependência do cloro.

Para obter a celulose TCF, utiliza-se peróxido de hidrogênio e ozônio, sem consumo de cloro ou de seus derivados. Assim, os efluentes da indústria que usa o processo TCF não contêm resíduos clorados. Em compensação, estima-se que o custo de produção da celulose TCF seja US\$ 60/t superior ao da celulose ECF, além de implicar investimentos adicionais entre US\$ 18 milhões e US\$ 40 milhões. O interessante é que a celulose branqueada, através do processo TCF, era praticamente desconhecida em 1991, pois representava, naquele ano, apenas 1% das vendas de celulose na Europa. Porém, aumentou sua participação, em 1992, para 10% (20% em 1993). A demanda da celulose TCF está concentrada basicamente nos países de língua alemã onde há maior pressão dos grupos ambientalistas. Em termos mundiais, espera-se que em 1994 a celulose TCF represente 3% do mercado de celulose. O Gráfico 9, a seguir, ilustra o ciclo de vida dos diversos agentes de branqueamento de celulose para o período 1930/2010.

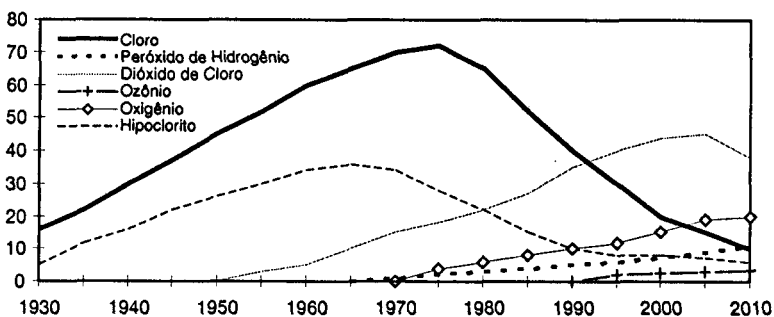
Estima-se que a queda mundial do consumo de cloro-gás, desde 1988, seja de um milhão de toneladas/ano, mas o consumo remanescente ainda é de 2,6 milhões de toneladas/ano. Espera-se a continuação desta queda para os próximos anos, tendo em vista a nova legislação ambiental americana, que objetiva a eliminação total da demanda de cloro-gás por parte das plantas de papel e celulose nos próximos quatro a cinco anos (atualmente, a celulose *standard* representa 79% do mercado americano). Por outro lado, projeta-se



GRÁFICO 9

# Ciclos de Vida para Agentes de Branqueamento de Celulose — 1930/2010

Quantidades Relativas



Fonte: PPI — Pulp &amp; Paper International, p. 23, jan. 1993.

uma demanda global de 2,2 milhões de toneladas/ano de clorato de sódio (para obtenção do dióxido de cloro).

Por estarem mais voltados para o mercado externo, os produtores brasileiros não-integrados de celulose já apresentam 3% de sua capacidade produtiva voltada para a produção da celulose TCF. Em 1996, esta participação deve aumentar para 8%, tendo em vista os investimentos programados por este setor. O Gráfico 10, a seguir, ilustra esta evolução da participação da celulose ECF e TCF no Brasil, de 1993 para 1996, destacando-se o grande aumento da participação da celulose ECF, que passará a representar 51% da capacidade produtiva dos não-integrados em 1996.

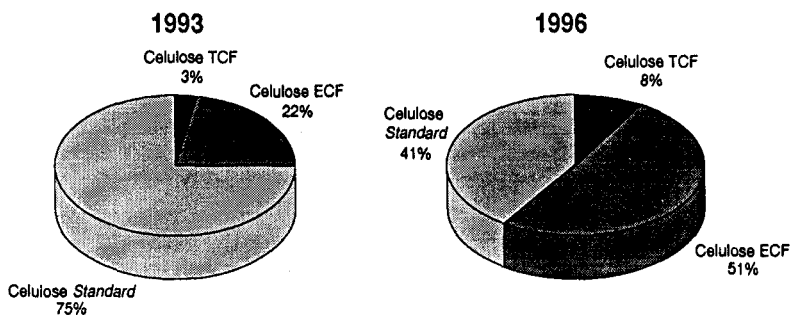
No Brasil, também está prevista para 1996 a produção de 100 mil t/a de celulose solúvel branqueada TCF para fins têxteis, cuja participação não consta no Gráfico 10. Cabe assinalar, também, que a diminuição da participação da celulose *standard*, em 1996, não implicará diminuição do consumo global de cloro no setor, uma vez que haverá um substancial aumento na produção física da celulose ECF, conforme se pode constatar no Gráfico 11.

## b) Clorofluorcarbonos (CFC)

Para os países desenvolvidos, estão previstas a suspensão, até o ano 2000, da produção dos seguintes CFCs: triclorofluormetano (CFC-11); diclorofluormetano (CFC-12); triclorofluoretano (CFC-113); diclorotetrafluoretano (CFC-114); e pentafluorcloroetano (CFC-115).

GRÁFICO 10

### Evolução da Participação da Celulose Tipos ECF e TCF no Brasil (Produtores Não-Integrados)

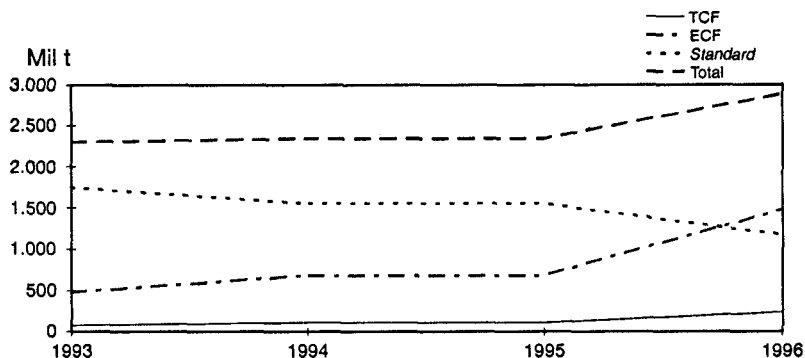


Fonte: BNDES. Elaboração: AO1-GESET 4.

Os CFCs, a serem banidos, têm seu uso concentrado em espumas de poliuretanos para embalagens e isolamento, gás para ar-condicionado, solventes, esterilização e aerossóis. Seus substitutos podem ser: outros CFCs, outros compostos orgânicos, uso de tecnologias alternativas e reciclagem. Como estas substituições ainda não foram totalmente definidas, não se pode avaliar com precisão qual vai ser o impacto no consumo de cloro.

GRÁFICO 11

### Projeção da Capacidade Produtiva por Tipos de Celulose dos Fabricantes Não-Integrados no Brasil — 1993/96



Fonte: BNDES. Elaboração: AO1-GESET 4.

Alguns destes CFCs são importantes insumos para a produção de outros compostos. Um exemplo: o CFC-113 é o ponto de partida para a produção de piretróides sintéticos (inseticidas) e de policlorotrifluoretileno (PCTFE), um plástico de engenharia.

Dos CFCs, a serem banidos, apenas o CFC-11 e o CFC-12 são produzidos no Brasil pela Dupont e pela Hoechst. Praticamente todos os insumos para produção destes CFCs são de origem nacional, com exceção do clorofórmio. O consumo brasileiro *per capita* de CFCs é menor que 0,3 kg, o que classifica o Brasil como um país em desenvolvimento, tendo, portanto, prazo até o ano 2010 para suspender o uso destes produtos. Entretanto, cabe destacar que já existem restrições governamentais ao seu uso em aerossóis. Além disso, as empresas estrangeiras que aqui produzem CFCs deverão seguir a política das suas matrizes que decidiram pela suspensão da produção dos mesmos.

### c) Solventes Clorados

Atualmente, os solventes clorados mais utilizados são o 1,1,1 tricloroetano (também conhecido como metilclorofórmio), cloreto de metileno, tricloroetileno, tetracloreto de carbono e percloroetileno. A principal aplicação dos solventes clorados é na limpeza de superfície, como, por exemplo, desengraxamento de peças e limpeza de componentes eletroeletrônicos. Como são muito usados em sistemas abertos, há emissão atmosférica dos mesmos. Não são biodegradáveis (com exceção do cloreto de metileno), e seu uso inadequado pode acarretar contaminação do solo e lençol freático. Os solventes clorados apresentam vantagens em relação a outros solventes nos seguintes itens: inflamabilidade, potencial de reciclagem e *performance* técnica. Porém, têm desvantagens quanto à toxidez, baixa biodegradabilidade e alta volatilidade.

No Acordo de Montreal, está prevista a paralisação da produção do tetracloreto de carbono e do 1,1,1 tricloroetano, tendo ocorrido uma sensível queda na produção deste último solvente nos Estados Unidos.

A legislação mais severa de meio ambiente está levando os usuários a substituir os solventes clorados, ou então a só usá-los em ambientes fechados. A Dow prevê uma redução de 50% no consumo de solventes clorados até o ano 2000, em decorrência da retirada do 1,1,1 tricloroetano, bem como o aumento da reciclagem e a diminuição de perdas dos solventes em uso.

No caso brasileiro, os solventes clorados continuam participando de maneira relevante (9%) no consumo global de cloro. Pelos dados da Abiclor, pode-se constatar aumento do consumo de cloro, nos últimos dois anos, para produ-

ção dos solventes clorados. Isto ocorreu apesar da saída da Rhodia do mercado – produtora de percloroetileno e tetracloreto de carbono –, em decorrência da mudança de estratégia de negócios e também por problemas ambientais causados por aterros sanitários de resíduos clorados originários da sua unidade de Cubatão. A Dow é a única produtora, no Brasil, do percloroetileno (60 mil t/a) e 1,1,1 tricloroetano (15 mil t/a), sendo os demais solventes importados.

## **Estrutura da Demanda da Soda Cáustica**

O papel da soda cáustica na economia é bastante diferente do exercido pelo cloro, já que as cadeias de produção, servidas por ambos, são distintas e independentes. As principais funções da soda, na indústria química, estão na neutralização e digestão de sólidos, sendo raramente incorporada ao produto final.

Na indústria existem dois tipos de soda cáustica: grau raioim (elevado grau de pureza) e comercial. Estes tipos são vendidos sob três formas: líquida a 50% (a mais comum), em escamas ou fundida (formas utilizadas preferencialmente pelos pequenos consumidores, em decorrência do menor frete e da maior facilidade de armazenamento). Cabe lembrar que a soda cáustica grau raioim é produzida basicamente por plantas à base de células de mercúrio.

### ***Principais Setores Consumidores de Soda Cáustica***

Os maiores consumidores de soda cáustica são as indústrias de papel e celulose, alumina e detergentes, conforme ilustrado na participação relativa dos grandes setores demandantes mundiais de soda cáustica em 1992 (Gráfico 12). A estrutura da demanda setorial de soda cáustica no Brasil é diferente no que se refere à participação relativa dos grandes setores demandantes, conforme constatado no Gráfico 13.

## **Capacidade Instalada do Segmento, Evolução da Produção e Consumo Aparente**

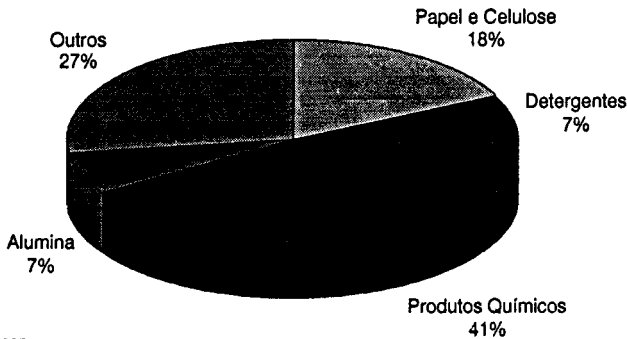
### ***Principais Produtores de Cloro-Soda***

#### ***a) Panorama Mundial***

Os Estados Unidos são os maiores produtores de cloro-soda (26,4%), seguidos do Japão (9%), e o Brasil representa 2,9% da capacidade produtiva mundial, sendo o sétimo maior produtor de cloro-soda (Gráfico 14).

GRÁFICO 12

**Principais Setores Demandantes de Soda Cáustica no Mundo — 1992**

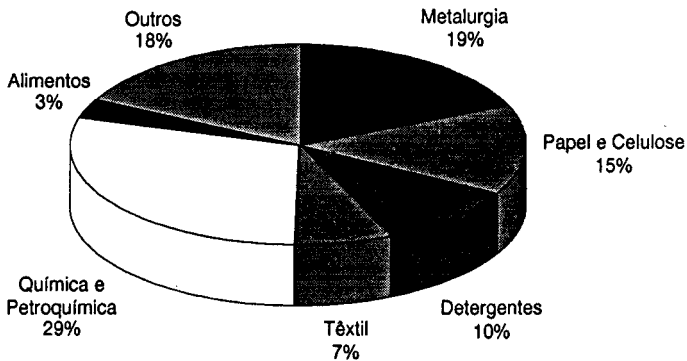


Fonte: Tecnon.

Em 1992, atuaram 400 empresas, e 85 países possuíam plantas de cloro-soda, mas 40% da capacidade mundial estão concentrados em três regiões geográficas, com uma área total não excedendo o dobro da França. Estas zonas estão nos Estados Unidos (no Golfo do México), na Europa Ocidental e no sul do Japão.

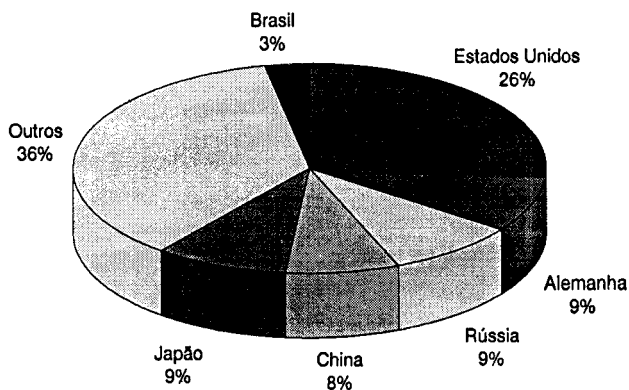
GRÁFICO 13

**Vendas Setoriais de Soda Cáustica no Brasil — 1993**



Fonte: Abiclor.

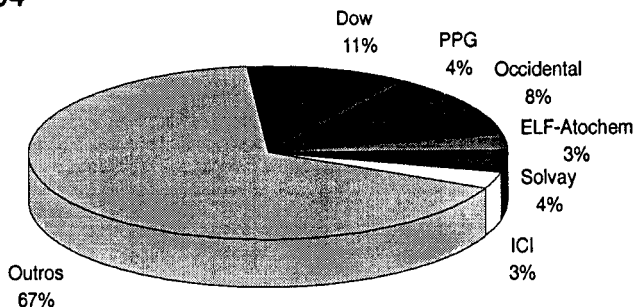
GRÁFICO 14

**Principais Países Produtores de Cloro-Soda — 1992**

Fonte: Tecnon.

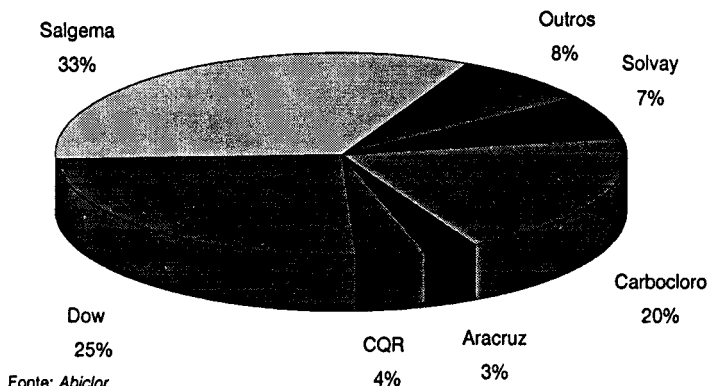
Da mesma forma, verifica-se a concentração entre as empresas, com as seis principais produtoras respondendo por 33% da capacidade mundial (Gráfico 15). A Salgema, maior empresa brasileira neste setor, representa cerca de 1% da capacidade produtiva mundial de cloro-soda (Gráfico 16).

GRÁFICO 15

**Principais Empresas Mundiais de Soda Cáustica — 1994**

Fonte: Chemical Week, June 1, 1994, p. 53.

GRÁFICO 18

**Principais Empresas Brasileiras de Soda Cáustica — 1993**

As plantas apresentam grande diversidade de capacidade produtiva. Existem 600 plantas no mundo, com capacidade produtiva média de 74 mil t/a de cloro, sendo que a maior – a Dow, em Freeport (Texas) – produz dois milhões de t/a e as menores não excedem três mil t/a.

**b) Panorama Brasileiro**

As três maiores empresas do setor (Salgema, DOW e Carbocloro) detêm 76% da oferta brasileira (posição de 1993), sendo que apenas a última não é integrada, ou seja, não produz derivados.

A Tabela 3, a seguir, mostra que 27% da capacidade produtiva brasileira de cloro-soda são de empresas não-integradas, onde a soda cáustica é o seu principal produto. Praticamente todos os produtores de papel e celulose estão também destinando parcelas apreciáveis do cloro produzido para vendas a terceiros, devido à redução de suas necessidades.

**Evolução Mundial (Período 1988/93)**

Os Gráficos 17 e 18, a seguir, ilustram a evolução mundial e brasileira da produção e a capacidade instalada anual, bem como o índice de utilização do segmento de cloro-soda nos últimos seis anos.

A oscilação na utilização da capacidade instalada não é grande porque a queda da demanda por um produto pode ser atenuada pela expansão do

TABELA 3

**Produtores Brasileiros de Cloro-Soda – 1993**

	SODA	CLORO	% PARTICIPAÇÃO
<b>Não-Integradas</b>	<b>367.000</b>	<b>333.636</b>	<b>27,0</b>
Carbocloro	264.000	240.000	19,4
CQR	52.000	47.273	3,8
Pan-Americana	27.800	25.273	2,0
Trombini	23.200	21.091	1,7
Anhembi	2.400	2.182	0,2
<b>Integradas</b>	<b>992.700</b>	<b>902.455</b>	<b>73,0</b>
<i>Papel e Celulose</i>	<i>112.700</i>	<i>102.455</i>	<i>8,3</i>
Aracruz	37.500	34.091	2,8
Igarassu	26.000	23.636	1,9
Riocell	18.700	17.000	1,4
Cenibra	16.500	15.000	1,2
Jari	14.000	12.727	1,0
<i>MVC/PVC</i>	<i>550.000</i>	<i>500.000</i>	<i>40,5</i>
Salgema	450.000	409.091	33,1
Solvay	100.000	90.909	7,4
<i>Outros Derivados</i>	<i>330.000</i>	<i>300.000</i>	<i>24,3</i>
Dow	330.000	300.000	24,3
Hoechst	7.000	6.364	0,5
<b>Total Geral</b>	<b>1.359.700</b>	<b>1.236.091</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Abiclor.

outro. Por exemplo, no período 1989/91 existia uma forte demanda por soda cáustica e uma fraca procura por cloro e seu principal derivado (PVC), enquanto em 1993 ocorreu o contrário.

O melhor ano do período 1988/93 foi 1990, quando foram produzidas 40,7 milhões de toneladas de soda, com índice de utilização de 85,8%, enquanto o pior ano foi 1993, com produção de 39,4 milhões de toneladas de soda e utilização de 81,7%. Nestes últimos cinco anos, a capacidade mundial aumentou em 890 mil toneladas/ano de soda cáustica (incremento de 2%), tendo a capacidade produtiva mundial alcançado 42,6 milhões de toneladas para o cloro e 48,2 milhões de toneladas para a soda cáustica.

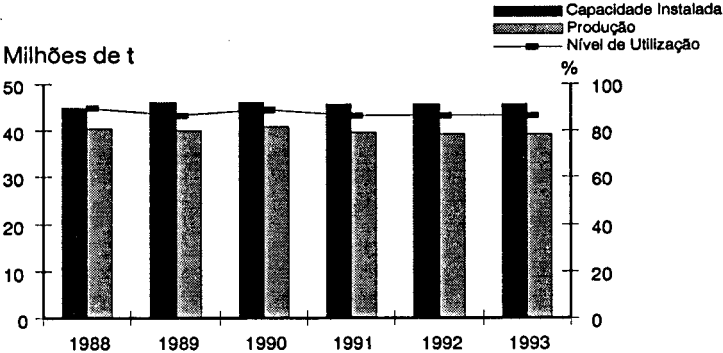
**Evolução no Brasil (Período 1988/93)**

Ao contrário do que aconteceu no panorama mundial, o nível de ocupação das plantas brasileiras, mostrado no Gráfico 18, apresentou oscilações significativas no período 1988/93. O melhor ano foi 1988 (97% de índice de utilização) e o pior 1990 (85%). Em 1993, o desempenho foi um pouco



GRÁFICO 17

**Capacidade Instalada, Produção de Soda Cáustica e o Índice de Utilização do Segmento Cloro-Soda no Mundo — 1988/93**

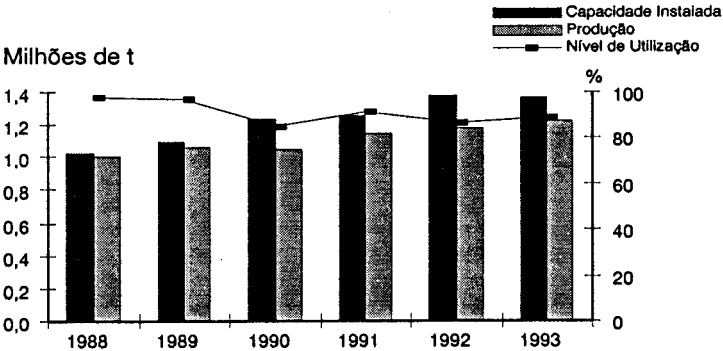


Fonte: Tecnor.

melhor em relação aos anos anteriores – 90% de índice de ocupação e produção de 1,2 milhão de toneladas de soda cáustica. O aumento da ociosidade ocorrido a partir de 1990 foi fundamentalmente decorrente do aumento de capacidade (33% no período 1988/93), com a entrada em operação dos projetos da Salgema e Trombini (Morro Verde), bem como da queda simultânea das vendas internas de soda cáustica e cloro, em função da recessão e do aumento das importações de soda.

GRÁFICO 18

**Capacidade Instalada, Produção de Soda Cáustica e o Índice de Utilização do Segmento Cloro-Soda no Brasil — 1988/93**



Fonte: Abiclor.

No período de 13 anos (1980/93), o consumo aparente de soda cáustica no Brasil teve crescimento médio de 4,2% ao ano. Porém, nos últimos sete anos essa evolução foi bem mais modesta, como se pode constatar no Gráfico 19.

## Evolução de Preços

O preço mais relevante para o segmento é o da Unidade Eletrolítica (ECU), que combina as oscilações isoladas dos preços da soda e do cloro.

### *Mercado Internacional*

A última década registra três fases distintas de preços.

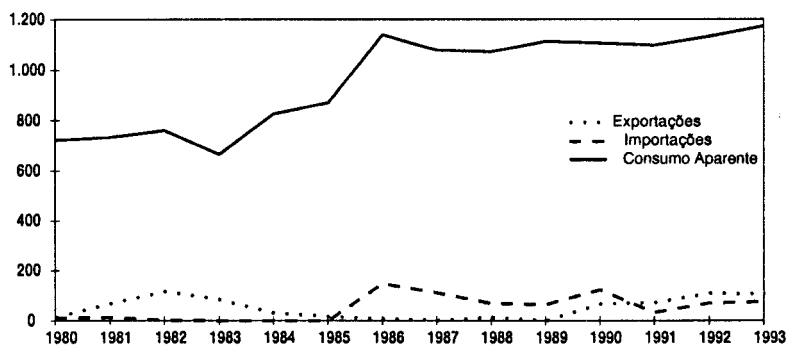
No período 1984/87, tivemos preços equilibrados entre a soda e o cloro, com pequenas oscilações, o mesmo ocorrendo para a ECU.

De 1987 a 1990, a forte retração da demanda por cloro, sem alternativa de escoamento ou estocagem, obrigou à diminuição da atividade das plantas, mesmo com a continuidade da demanda por soda. Nessa época, pensou-se que seriam viabilizados projetos de obtenção de soda a partir da trona, de onde não se obtém cloro como produto associado. A consequência foi a elevação do preço da soda, a redução acentuada do preço do cloro e o aumento do preço da ECU.

GRÁFICO 19

### **Evolução do Consumo Aparente, Importações e Exportações de Soda Cáustica no Brasil — 1980/93**

Mil t

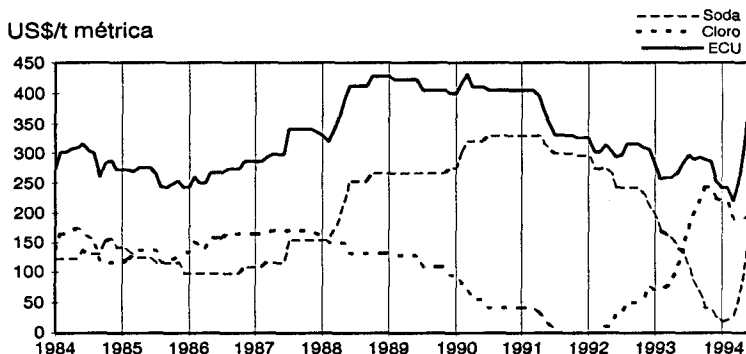


Fontes: Abiclor e BNDES.

GRÁFICO 20

### Evolução dos Preços de Cloro, Soda e ECU no Mercado *Spot* Americano — 1984/1<sup>o</sup> Semestre de 1994

US\$/t métrica



Fontes: Tecnon e Chemical Market Reporter.

A partir de 1991, a situação se inverteu. O enfraquecimento da demanda por soda leva, num primeiro momento, à redução do seu preço e da ECU. Num segundo momento, a continuidade da retração da demanda por soda provoca a redução de sua produção, afetando o cloro, que inicia processo de recuperação de preço e, com a reativação de sua demanda, atinge pico de preços em 1993, enquanto a soda despenca para níveis de preços jamais vistos nos últimos 25 anos, arrastando para baixo, também, o preço da ECU.

Finalmente, em 1994, a soda inicia outro processo de retomada de preços, associado à melhoria do desempenho da economia internacional, com a conseqüente elevação do preço da ECU.

### **Mercado Brasileiro**

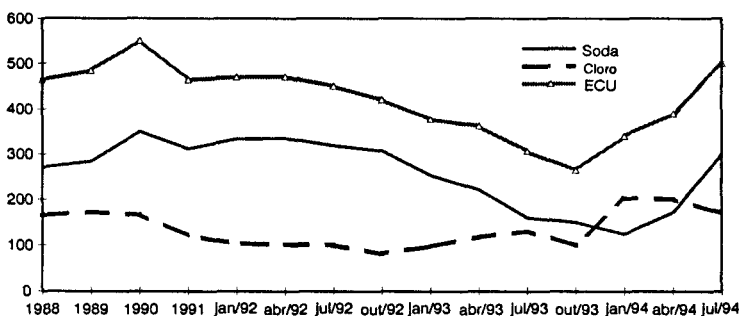
O comportamento de preços no Brasil foi totalmente diferente, não ocorrendo oscilações tão acentuadas como no mercado externo. Desde 1988, o preço da ECU no Brasil foi sempre superior ao praticado no mercado norte-americano, com exceção do segundo semestre de 1993 (em decorrência da maior influência do cloro na formação do preço da ECU norte-americana), conforme se constata no Gráfico 22, a seguir.

A queda de preços da soda no Brasil não acompanhou a baixa violenta ocorrida nos preços praticados nos Estados Unidos. O elevado custo relativo do frete marítimo explica este comportamento, já que usualmente a soda é transportada sob a forma de solução a 50%.

GRÁFICO 21

### Preços do Cloro-Soda e Valor da ECU no Brasil (Valor Líquido sem Impostos — US\$/t) — 1988/1º Semestre de 1994

Preço Líquido à Vista — US\$/t



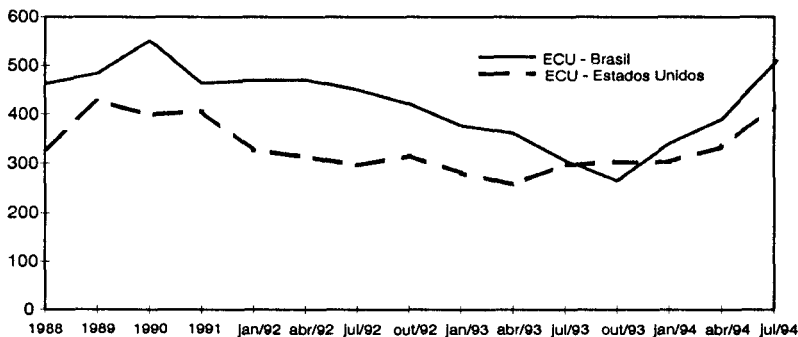
Fonte: BNDES. Elaboração: AO1-GESET4.

A Tabela 4, a seguir, ilustra a elevação dos preços da soda importada, em decorrência do frete, e a influência proporcionalmente pequena do imposto de importação quando os preços estão muito baixos. Já a Tabela 5 mostra as tarifas incidentes sobre as importações de soda em vários países. A tarifa zero só ocorre em países com indústrias de cloro-soda localizadas em regiões de tarifas de energia elétrica bastante baixas (no caso, Estados Unidos e Canadá).

GRÁFICO 22

### Comparativo entre o Preço da ECU no Brasil e nos Estados Unidos — 1988/1º Semestre de 1994

ECU - US\$/t



Fonte: BNDES. Elaboração: AO1-GESET4.

TABELA 4

**Estrutura do Custo de Importação da Soda Cáustica – 1993**

(US\$/t)

DISCRIMINAÇÃO	SETEMBRO	OUTUBRO
FOB – US Golfo	20,00	18,00
Frete	45,00	45,00
Seguro	0,60	0,60
<b>CIF</b>	<b>65,60</b>	<b>63,60</b>
Imposto de Importação <sup>a</sup>	0,00	5,09
AFRM	11,25	11,25
TUP	13,00	13,00
Capatazia	15,00	15,00
Armazenagem	10,00	10,00
Outras	1,00	1,00
<b>Custo Total<sup>b</sup></b>	<b>115,85</b>	<b>118,94</b>

Fontes: *Funcex e Abiclor.*<sup>a</sup> Em outubro de 1993 foi aumentado o Imposto de Importação para 8%, em decorrência de dumping dos exportadores de soda cáustica.<sup>b</sup> Custo posto terminal Santos.

TABELA 5

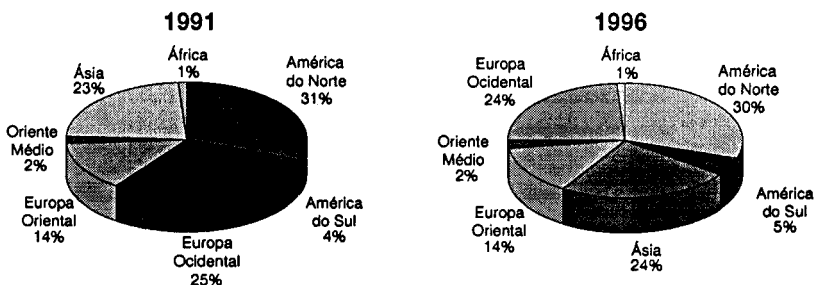
**Proteção Tarifária da Soda Cáustica**

PAÍS	ALÍQUOTA (%)
Estados Unidos	0
Comunidade Européia	12
Japão	20,0 (geral) 6,4 (temporária)
Argentina	5 + 10 (taxa estatística)
Canadá	0
México	5
Chile	11

**Principais Tendências Previstas para o Setor****Oferta**

Enquanto em 1991 a capacidade instalada era de 45,8 milhões de toneladas de soda, prevê-se para 1996 uma capacidade de 46,8 milhões. Conforme se pode verificar no Gráfico 23, a seguir, ocorrerão poucas modificações nas participações regionais dos produtores de soda-cloro no período 1991/96.

GRÁFICO 23

**Evolução Regional da Capacidade Instalada**

Fonte: Tecnon.

No Brasil existem apenas dois projetos de longa maturação, um da Companhia Química da Recôncavo (CQR) – cuja execução encontra-se atualmente suspensa –, com capacidade adicional de 200 mil t/a de soda cáustica (células de membrana), e outro da Pan-Americana, que planeja substituir parte das células de mercúrio por membrana. Cabe assinalar que, em 1995, o Brasil continuará sendo o sétimo maior produtor de cloro-soda do mundo e representará, aproximadamente, 3% da capacidade mundial.

***Demanda***

Acredita-se que a principal vertente para o consumo de cloro-soda, o PVC, aumentará sua influência em decorrência da queda da demanda do segmento de papel e celulose.

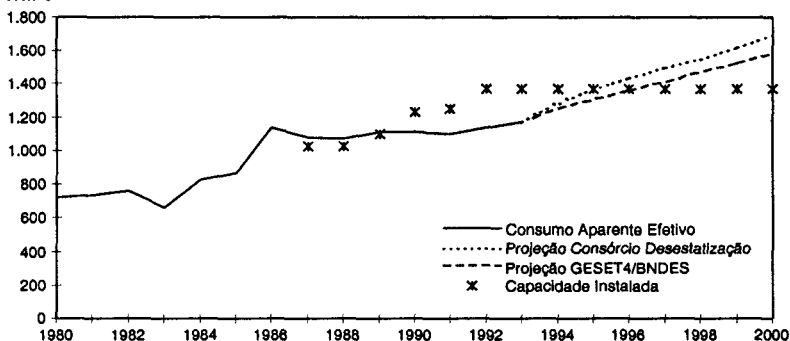
Em termos de projeções da demanda mundial para a soda, a Tecnon prevê crescimento médio de 1,32% a.a. de 1993 a 2000, podendo assim chegar a um consumo de 43,5 milhões de toneladas naquele ano. Prevê-se que o maior crescimento será na Ásia (1,54 % a.a.), projetando-se para a América Latina, segundo aquela consultoria, um aumento de 1,45% a.a. Para os próximos anos, a Tecnon espera, também, uma reversão no recente quadro, havendo excedente de cloro e déficit de soda cáustica.

Quanto ao mercado brasileiro, consideramos duas projeções para a soda até o ano 2000: uma elaborada pelo Consórcio Atlantic/Natrontec/Pinheiro Neto, em 1993/94, para a desestatização da Salgema, e outra pela Gerência do Complexo Químico do BNDES, prevendo crescimento médio do PIB de 3% a.a.

GRÁFICO 24

### Projeção do Consumo Aparente de Soda Cáustica no Brasil — 1980/2000

Mil t



Fonte: BNDES. Elaboração: AO1-GESET4.

Enquanto o Consórcio indica crescimento médio anual de 5,3% a.a., a projeção do BNDES prevê uma taxa de 4,5% a.a. Embora estes números sejam apenas indicativos do crescimento deste mercado, existem, em implantação, dois grandes projetos de consumidores, que representarão 8% do atual consumo brasileiro de soda: o projeto de alumina da Alunorte, que entrará em operação plena em 1996, demandará soda adicional ao redor de 77 mil t/a; e o projeto de expansão da Cenibra (celulose) representará outro adicional de 16.500 t/a a partir de 1995.

## Preços

No primeiro trimestre de 1994, o preço *spot* de soda no mercado internacional chegou ao patamar mínimo de US\$ 21/t e, a partir daí, iniciou tendência de alta, tendo a cotação média de julho alcançado US\$ 200/t no Golfo. A Tecnon prevê que haverá um aperto na oferta de soda no mercado mundial entre 1994 e 1996, o que, portanto, implicará uma nova escalada em seu preço, como ocorrido em 1988/89.

## 6. Competitividade

### Principais Fatores da Competitividade

No segmento de cloro-soda, os principais fatores que influenciam o custo de produção são, pela ordem, a energia elétrica e o sal. Na verdade, esta indústria é considerada eletrointensiva, pois o custo da energia elétrica pode representar cerca de 65% dos custos variáveis.

Outros fatores que afetam a competitividade deste setor são a distância do mercado consumidor (o frete desempenha importante item de custo, uma vez que a soda transportada contém 50% de água) e a garantia de colocação do cloro.

### **Energia Elétrica**

Em termos mundiais, existem grandes variações na tarifa de energia elétrica para o segmento, inclusive de região para região num mesmo país. Por exemplo, nos Estados Unidos, este preço varia de US\$ 10/MWh, referente a uma planta operando com energia fornecida pela hidrelétrica de Niagara Falls, para US\$ 50/MWh, em outra planta no nordeste do país. A Tabela 6, a seguir, ilustra as tarifas médias de energia elétrica dos principais países produtores de cloro-soda. A título ilustrativo, o Gráfico 25 demonstra a influência do custo da energia elétrica no custo dos produtores de cloro-soda nos Estados Unidos, e sua relação com o preço da ECU entre 1984 e 1993.

Cerca de 40% da capacidade produtiva americana de cloro-soda são constituídos por plantas localizadas no Golfo (Texas e Louisiana), que dispõem de fácil acesso de gás natural a baixo custo, tendo, inclusive, unidades de co-geração de energia elétrica. Essas plantas se beneficiam dos menores custos de energia elétrica.

No Brasil, a tarifa de energia elétrica sofreu intensas variações ao longo do tempo, devido à instabilidade da política de preços. O Gráfico 26, a seguir, demonstra estas oscilações para a indústria de cloro-soda na região Sudeste. No Nordeste as indústrias são beneficiadas pelo fornecimento direto da Chesf, eliminando o custo de intermediação das distribuidoras.

Entretanto, a nível de cada empresa, para avaliação do custo efetivo da energia elétrica, deve-se considerar seu regime de utilização. O melhor aproveitamento de horários fora do pico de maior consumo pode reduzir o

TABELA 6

#### **Tarifa de Energia Elétrica para Grandes Consumidores**

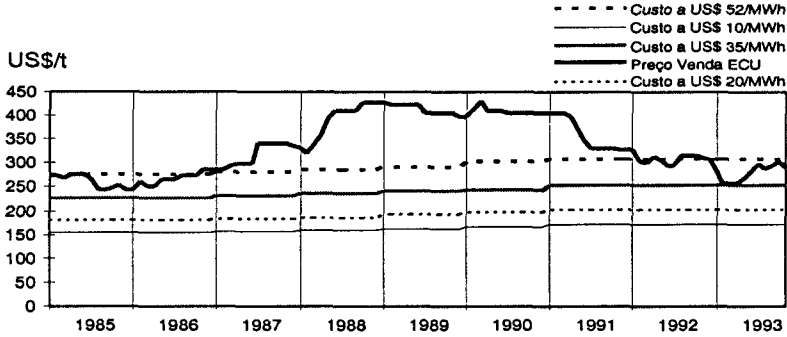
PAÍSES	MWh
Estados Unidos (Golfo)	16
Canadá	16
Inglaterra	50
França	40
Brasil	30

Fonte: *Funcex (1993)*.



GRÁFICO 25

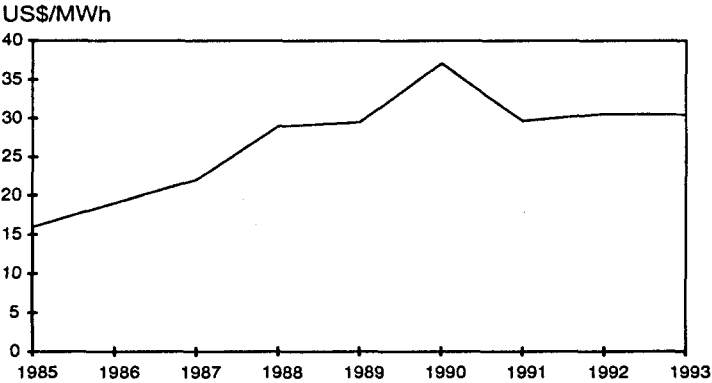
**Comparação dos Preços da ECU nos Estados Unidos com os Custos de Produção (Incluindo Depreciação) dos Produtores Locais — 1984/93**



custo da energia elétrica. Outro aspecto importante é a eficiência energética, que, através da utilização de tecnologias apropriadas, pode contribuir para a redução do coeficiente técnico do consumo de energia elétrica, principalmente nas células eletrolíticas. Por serem dados confidenciais das empresas, itens de suas estratégias de competição, é difícil comparar as informações relativas ao custo efetivo da energia elétrica e do seu coeficiente técnico.

GRÁFICO 26

**Tarifa de Energia Elétrica para Indústrias de Cloro-Soda no Sudeste — 1985/93**



## Sal

A matéria-prima básica, o sal (cloreto de sódio), outro fator relevante na composição dos custos de produção de cloro-soda, é extraído de jazidas subterrâneas de halita (sal-gema), ou obtida através da evaporação da água do mar (sal marinho).

O sal obtido através da mineração das jazidas de sal-gema apresenta custo menor do que o sal marinho. Portanto, os Estados Unidos dispõem de outra vantagem competitiva, pois possuem as maiores jazidas de sal-gema do mundo. Aliás, 73% da capacidade produtiva norte-americana de cloro-soda utiliza sal de origem cativa, com jazidas próprias. Já a produção do sal marinho apresenta outra desvantagem: depende das condições climáticas, sendo muito sensível a inundações. Por exemplo, entre 1985 e 1987, o Brasil precisou importar grandes quantidades de sal devido a intensas chuvas que interromperam a produção do sal marinho no Rio Grande do Norte.

Cerca de 60% da produção brasileira de cloro-soda são obtidos do sal-gema, oriundo da Salgema/CQR e Dow (que possuem jazidas próprias e extraem cerca de 1,2 milhões de t/a). Quanto ao sal marinho, a Solvay dispõe de facilidades para a sua produção na costa do Maranhão, enquanto os demais adquirem de vários produtores do Rio Grande do Norte e embarcam no terminal da Termisa.

O custo de aquisição do sal-gema é em torno de US\$ 4/t para a Dow e a Salgema. A CQR tem o seu sal onerado pelo custo do frete de caminhão, de Maceió até Camaçari. O sal marinho destinado às indústrias de cloro-soda no Sudeste é adquirido por US\$ 8/t nas salinas do Rio Grande do Norte, mas chega a Santos a US\$ 33/t, conforme planilha de custos constante da Tabela 7, a seguir. O sal marinho poderia ser importado do Chile, chegando em Santos por US\$ 27/t (base: maio de 1994), mas é onerado pela Taxa da Marinha Mercante, que eleva seu preço para US\$ 36/t, segundo a Abiclor.

TABELA 7

### Formação de Preço do Sal Marinho no Transporte do Rio Grande Norte para Santos (Base: Maio de 1994)

	US\$/t
Salina	8
Transporte, por Barcaça, até o Termisa	7
<b>Subtotal - Custo do Sal no Navio</b>	<b>15</b>
Frete até Santos	10
Estiva em Santos	8
<b>Custo do Sal em Santos</b>	<b>33</b>

Fonte: Carbocloro.

## ***Distância do Mercado Consumidor***

No caso brasileiro, este é um fator extremamente importante, pois os altos custos do transporte interno suprimem as vantagens locacionais do produtor de soda cáustica no Nordeste, que conta com jazidas próprias de sal-gema e menores custos de energia elétrica. Em termos gerais, admite-se que o produtor nordestino tenha a soda onerada em torno de US\$ 40/t em relação aos fabricantes de São Paulo, onde está localizada a maior parte dos consumidores de soda cáustica no país. É interessante constatar que este frete é um pouco menor do que o da soda importada (US\$ 45/t). Portanto, o custo de transporte é um fator externo às empresas que afeta sobremaneira a competitividade da soda cáustica.

No caso do cloro, esta questão é ainda mais séria, visto que o mesmo é transportado em rodovias, enquanto nos Estados Unidos é movimentado em ferrovias, agregando, além do maior custo, risco ambiental.

## ***Grau de Integração das Plantas de Cloro-Soda***

Outro ponto a destacar é o grau de integração das plantas de cloro-soda com outras unidades produtivas. Isto é importante porque a empresa não-integrada cria duas fortes dependências: necessidade de escoar permanentemente o cloro, em decorrência de dificuldade de estocagem, e de vender *commodities* de baixo valor agregado. Uma empresa de baixo grau de integração (que comercializa soda cáustica, cloro e alguns derivados primários, como hipoclorito de sódio e ácido clorídrico) fica mais exposta às flutuações dos preços da soda, seu principal produto.

A indústria mundial de cloro-soda é, em grande parte, integrada, com parcela considerável do cloro produzido sendo destinada à produção de derivados clorados. Por exemplo, nos Estados Unidos, apenas 30% do cloro produzido não são para uso cativo. No mundo foram identificadas 172 plantas de cloro-soda voltadas para uso cativo, representando cerca de 50% da capacidade produtiva mundial. Destas, 51 destinam-se à produção de papel e celulose, participando com 3% da produção mundial de cloro-soda, enquanto as outras 121 utilizam o cloro para produção de organoclorados e seus intermediários.

No Brasil, o segmento apresenta um razoável grau de integração. Apenas 27% da capacidade produtiva brasileira de cloro não estão integrados. Para as empresas nacionais, este índice sobe para 40%, enquanto as empresas estrangeiras são 100% integradas.

Porém, a integração não pode ser vista apenas como produção de derivados clorados, de maior valor agregado. Deve-se considerar também a pos-

sibilidade de fortalecimento das empresas através da diversificação da produção, buscando economias de escopo. Esse modelo é predominante nas empresas estrangeiras.

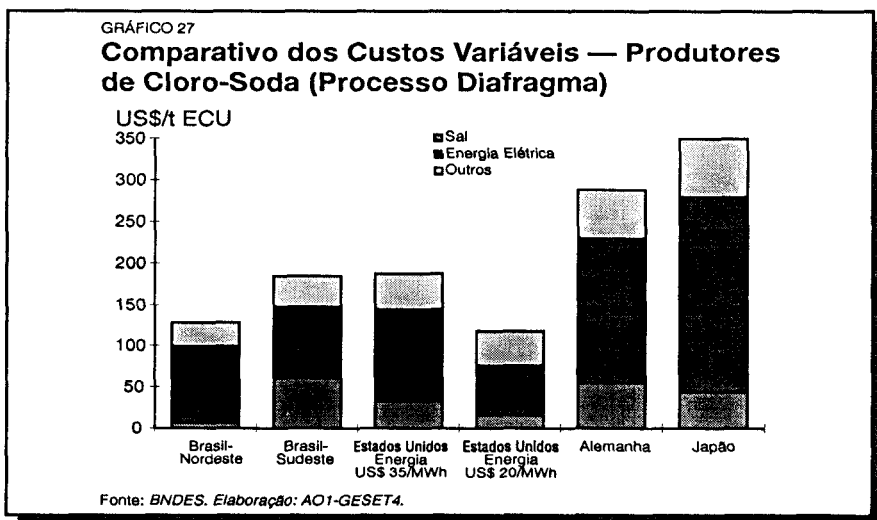
## Competividade dos Produtores no Brasil

A melhor forma de auferir a competitividade é, obviamente, pela comparação dos custos. O principal passo nesta aferição – comparação da estrutura de custos de produção das unidades eletrolíticas das plantas brasileiras em relação aos produtores mundiais – é dificultado pela escolha da unidade produtiva de referência, uma vez que há variações expressivas nas estruturas de custo de várias plantas.

Se forem levados em conta apenas os custos variáveis, onde energia elétrica e sal são os principais fatores de custo, o Brasil é menos competitivo do que os produtores localizados nos Estados Unidos (Golfo), mas apresenta vantagens em relação à Alemanha e ao Japão (ver Gráfico 27).

## 7. Aspectos Ambientais

O estado da arte atual, desde que adotados os procedimentos de segurança e uso de equipamentos adequados, permite que as plantas de cloro-soda operem com riscos ambientais controlados. Três aspectos são destacados na presente seção, a saber: os riscos de vazamentos do cloro e o uso do asbesto e do mercúrio no processo produtivo.



## Cloro

### Riscos de Vazamentos

Por ser um forte oxidante, o cloro é um gás tóxico. Como é mais denso que o ar, tende a concentrar-se próximo ao solo e, portanto, não se dispersa. A extensão do dano depende da concentração do gás e do tempo de exposição, podendo causar edema pulmonar nos casos mais graves. A Tabela 8, a seguir, ilustra os efeitos do cloro em seres vivos.

Os riscos de vazamento acidental do cloro existem no processo produtivo, tancagem e transporte. No caso brasileiro, duas particularidades podem afetar comunidades: alta dependência do transporte do cloro por rodovias e existência de grande concentração urbana na proximidade de algumas fábricas de cloro-soda.

A partir da década de 70, houve redução dos acidentes com vazamento de cloro, que afetavam as comunidades em volta das fábricas, uma vez que a indústria tem adotado procedimentos de segurança mais eficazes, que neste tipo de planta dependem basicamente do estoque mínimo de cloro, do treinamento de pessoal e de alguns equipamentos específicos (como, por exemplo, detetores automáticos que alertam sobre a presença do cloro logo no início do vazamento). Porém, riscos de vazamentos sempre existem e devem exigir, continuamente, o máximo esforço por parte da indústria para proteger a comunidade e o meio ambiente no caso de emergências. Nesta situação, a integração com a comunidade vizinha é fundamental para os procedimentos de eventual desocupação da área.

Quanto à exposição a pequenas concentrações de cloro em longos períodos (como pode ocorrer aos trabalhadores da indústria de soda-cloro), nenhum

TABELA 8

### Efeitos do Cloro em Seres Vivos

EFEITO	CONCENTRAÇÃO DO CLORO (Em PPM - Partes por Milhão)
Odor detectável	3,5
Concentração máxima que pode ser inalada em uma hora sem sérios distúrbios	4,0
Concentração perigosa se exposto entre 30 minutos a uma hora	40,0 a 60,0
Morte em curto período de tempo para a maior parte dos seres vivos	1.000,0

Fonte: *Enciclopédia Kirk-Othmer*, Vol. 1, p. 704.

estudo indicou aumento de mortalidade em decorrência de doenças pulmonares, segundo o *Ulmanns Encyclopedia* (1986, v. A.6, p. 477).

## Amianto

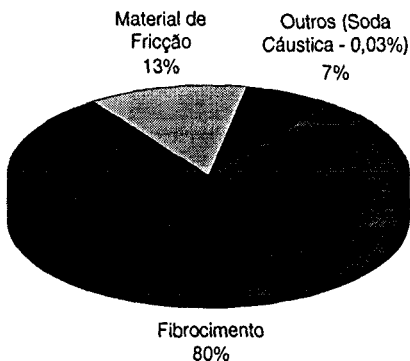
O uso do amianto (ou asbesto) tem tido constante monitoração por parte dos órgãos governamentais que cuidam da saúde do trabalhador e do meio ambiente, uma vez que é comprovadamente cancerígeno, especialmente junto aos fumantes.

No caso das indústrias de cloro-soda, sua utilização é muito pequena em relação aos demais usos, como, por exemplo, na fabricação de guarnições de freio/embreagem (material de fricção) e, principalmente, na construção civil (fibrocimento), responsável por 80% do consumo de amianto no Brasil (ver Gráfico 28).

Os responsáveis pela parcela de 0,03% do total de amianto consumido no país são as indústrias de cloro-soda que utilizam o processo de diafragma, representadas pelas seguintes empresas (por ordem de consumo): Salgema, Dow, Carbocloro, Cenibra, Jari e Anhembí. Segundo dados da Abiclor, 232 operários trabalham nestas empresas onde se utiliza amianto, enquanto o total de trabalhadores expostos a este produto atinge 22 mil, de acordo com a Fundacentro.

GRÁFICO 28

### Principais Consumidores de Asbestos no Brasil



Fonte: Abiclor.

Cabe destacar ainda uma diretriz da CE que estabelece prazo, até 1998, para que todos os produtores de cloro-soda, nos países membros, substituam os diafragmas de asbesto. Uma alternativa para o produto é o teflon, cujo uso aliás está sendo cogitado por algumas empresas no Brasil.

## **Mercúrio**

O mercúrio é um metal tóxico ao homem e ao meio ambiente, sendo encontrado em três formas distintas: metálica, inorgânica e compostos orgânicos. A forma metálica é a utilizada nas plantas de cloro-soda (ou potassa), enquanto a forma orgânica, onde o metil-mercúrio é o mais conhecido, é encontrada em peixes e sedimentos poluídos. O mercúrio na forma metálica é menos tóxico do que na forma orgânica, que foi o responsável pelo maior acidente ambiental conhecido até o presente, na baía de Minamata (Japão). Aquela contaminação ambiental foi decorrente de despejos de metil-mercúrio, originários de uma empresa que produzia os intermediários químicos acetaldeído e MVC. Deve-se enfatizar, portanto, que o acidente não foi causado por planta de cloro-soda.

Porém, existem também problemas na utilização do mercúrio metálico, cujo maior uso está no garimpo do ouro. O organismo humano pode absorvê-lo principalmente através da inalação de vapores. A exposição ao mercúrio causa efeitos graves nos sistemas nervoso central e neurológico e nos rins.

No caso das indústrias de cloro-soda que utilizam mercúrio, existe risco de exposição dos operários nas salas de eletrólise, se não houver vedação adequada das células eletrolíticas, uma vez que os vapores de mercúrio são gerados no interior destas células. Porém, as tarefas de condução ou controle do processo que obriguem a abertura do sistema eletrolítico são as que mais expõem os operadores aos vapores do produto. O mesmo ocorre na execução de tarefas de manutenção e limpeza de equipamentos e peças do sistema.

Com o aumento das preocupações ambientais, a partir da década de 70, as células de mercúrio perderam seu destaque no setor devido ao aumento de normas restritivas aos riscos de vazamentos acidentais. Todos os produtores argumentam que é perfeitamente possível operar com segurança as plantas que utilizam células de mercúrio, desde que tomadas as devidas precauções para se evitar qualquer dano ao meio ambiente. O Japão, entretanto, já substituiu as células de mercúrio em todas as plantas de cloro-soda por células de membrana e diafragma (embora as mantenha para produção de potassa cáustica, produto similar à soda cáustica). Essa substituição foi decorrente de um programa governamental estabelecido em 1967, quando os efeitos do acidente na baía de Minamata tornaram-se amplamente co-

nhecidos. Além disto, foi estabelecida, pela 3ª Conferência do Mar do Norte, a substituição desse processo na Europa até o ano 2010.

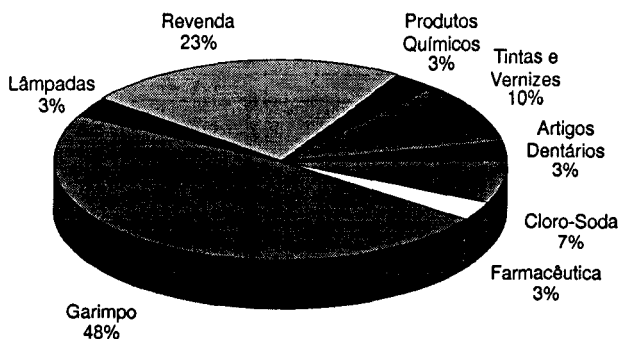
No Brasil, 28% da atual capacidade produtiva das plantas de cloro-soda utilizam células de mercúrio, abaixo, portanto, da média mundial (34%). As empresas que adotam este processo no país são as seguintes (por ordem de capacidade produtiva): Carbocloro (50% da sua produção); Solvay; CQR Salgema (Camaçari); Pan-Americana; Igarassu; e Hoechst. Porém, cabe frisar que o setor de cloro-soda tem uma participação pequena no consumo total de mercúrio no Brasil, como se pode constatar no Gráfico 29.

Os dados sobre os casos de intoxicação com mercúrio por operários das indústrias de cloro-soda no Brasil não são completos. Conhecem-se apenas alguns casos que ocorreram nos últimos sete anos em duas empresas localizadas no eixo Rio-São Paulo, devido à extensa atuação sindical e à ampla divulgação. Essas duas empresas procuraram sanear este passivo com expressivos investimentos nas suas instalações, de forma a eliminar os vazamentos de mercúrio.

Por outro lado, a Abiclor argumenta que a legislação brasileira para o controle de efluentes de plantas de cloro-soda, à base de mercúrio, é mais rigorosa do que a aplicada nos países da CE e nos Estados Unidos (em alguns parâmetros), conforme se verifica na Tabela 9, a seguir.

GRÁFICO 29

### Principais Consumidores de Mercúrio no Brasil



Fontes: Cetem e Abiclor.



TABELA 9

**Indicadores de Controle de Mercúrio**

	BRASIL	CE	RFA	ESTADOS UNIDOS
Água – Padrão de Potabilidade (mg/l)	0,001	0,001	n.d.	n.d.
Água – Padrão de Emissão – Descarte (mg/l)	0,01	0,05	n.d.	n.d.
Ar ambiente – Sala Eletrolítica (mg/m <sup>3</sup> )	0,04	n.d.	0,1	0,05
Limite de Tolerância Biológica – Urina (mg/l)	0,05	n.d.	0,2	n.d.

Fonte: *Abiclor*.**8. Conclusão**

A indústria de cloro-soda, importante segmento da indústria química, é essencial para diversos setores industriais e para tornar disponíveis ampla gama de bens de consumo, que integram necessidades atuais das sociedades modernas. Em particular, destaca-se sua contribuição para a saúde humana: direta, no controle da disseminação de doenças, através do tratamento da água; e indireta, como fornecedora de insumos para a fabricação de intermediários da indústria farmacêutica.

A indústria pode ser considerada como um segmento maduro, implantado em quase todo o mundo, e com boa integração com os segmentos consumidores, prevendo-se crescimento moderado de sua demanda. Contudo, ela enfrenta ameaças à sua sobrevivência em função dos problemas ambientais que seus processos, produtos e derivados têm causado. Foi afetada por diversas restrições, com relevância para:

- programa internacional de paralisação da produção de alguns de seus derivados, como os CFCs, de comprovado dano ambiental;
- introdução de processos que diminuem ou eliminam o uso do cloro na indústria de papel e celulose; e
- substituição do processo de eletrólise com células de mercúrio, evitando-se sua utilização na construção de novas plantas.

Em contrapartida, ela foi capaz de desenvolver processos mais seguros e padrões rígidos de operação de suas unidades e manuseio de seus produtos, minimizando os riscos envolvidos.

O Brasil, dadas as suas características particulares, reúne condições favoráveis para o fortalecimento desse segmento, como, por exemplo, relativa disponibilidade e custo favorável dos principais insumos: energia elétrica e sal (cloreto de sódio). Porém, são necessárias medidas para corrigir as distorções existentes, consolidar a contribuição social do segmento e sua sobrevivência econômica e elevar sua capacidade competitiva internacional, dentre as quais destacamos:

- intensificar programas para controle do risco ambiental – tanto internamente, nas fábricas, como externamente, no transporte dos produtos – e programas de esclarecimento e prevenção dos riscos à saúde humana, extensivos à comunidade;
- promover a realocização de unidades industriais – tanto da própria indústria como de seus segmentos consumidores – ocorridas na história de sua implantação no Brasil, otimizando sua logística de suprimento, diminuindo a necessidade do transporte perigoso do cloro e reduzindo despesas globais de frete na cadeia do complexo produtivo;
- resolver gargalos na infra-estrutura de transporte – principalmente no embarque do sal marinho –, responsáveis pela elevação inadequada do custo da matéria-prima;
- buscar meios para obter estabilidade de suprimento e de tarifas para a energia elétrica, além de estimular a racionalização de seu consumo e a elevação da eficiência energética por parte das empresas produtoras;
- priorizar investimentos para aumento da eficiência operacional das plantas industriais, visando à redução de desperdícios, e cuidar para que novas plantas só venham a ser estabelecidas segundo padrões de competição mais consistentes; e
- perseguir a reestruturação do modelo empresarial do complexo, buscando maior integração na cadeia produtiva, para fortalecer, conseqüentemente, sua capacidade competitiva internacional.

## Referências Bibliográficas

- ABICLOR. *Mercúrio e indústria de soda cáustica/cloro*. São Paulo, 1992.
- \_\_\_\_\_. *Asbestos e indústria de soda cáustica/cloro*. São Paulo, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Relatório Estatístico 1993*. São Paulo, 1994.

ADAMS, D., COOPER, S. Is this the end for chlorine? *ECN Environment Review*, Surrey, p. 8, July 1993.

CHLORALKALI industry price history and forecasts. London: Tecnon (UK) Ltd., 1992. 36 p. (Estudo preparado para o BNDES).

CW PRODUCT FOCUS – caustic soda. *Chemical Week*, Riverton, v. 154, n. 21, p. 53, June 1, 1994.

DETOURNAY, J.-P. *Current and future trends of chlorine, caustic and chlorine derivative production*. [S.l.: S.n.]. Trabalho apresentado no “Third EURO CHLOR Technical Seminar”, Dec. 2-3, 1993.

EUROPE to drive organic chlorine consumption. *European Chemical News*, Surrey, v. 60, n. 1.587, p. 12-14, Sept. 27, 1993.

FREITAS, Nilton Benedito Branco. *Controle social do risco e da saúde dos trabalhadores: o caso da indústria de cloro-soda*. Rio de Janeiro: Fio-cruz/Escola Nacional de Saúde Pública, 1994. 188 p. (Dissertação de Mestrado).

FUNCEX. *Proteção e reestruturação produtiva: diagnóstico e perspectivas para a indústria brasileira de soda cáustica*. Rio de Janeiro, 1993.

HEATHCOTE, Mary. Chloro-solvents under pressure. *ECN Environment Review*, Surrey, p. 33, July 1992a.

\_\_\_\_\_. Fact vs fiction in the chlorine debate. *European Chemical News*, Surrey, v. 58, n. 1.543, p. 16-17, Nov. 2, 1992b.

OUTRAGE at Clintons call for chlorine phaseout. *European Chemical News*, Surrey, v. 61, n. 1.604, p. 21, Feb. 7, 1994.

RELATÓRIO de avaliação econômico-financeira: Salgema Indústrias Químicas S.A. [S.l.] Consórcio Atlantic/Natrontec/Pinheiro Neto, 1993. 149 p. (Trabalho realizado de acordo com o edital de licitação n. PND/CN-09/92 do BNDES).

ROBERTS, Geraint. Chlorine squares up to public opinion. *European Chemical News*, Surrey, v. 60, n. 1.599, p. 16, Dec. 20-27, 1993.

\_\_\_\_\_. Chlorine companies adopt defiant stand. *European Chemical News*, Surrey, v. 61, n. 1.605, p. 32-34. Feb. 14, 1994a.

\_\_\_\_\_. From ECF to TCF: a logical progression? *ECN Chemscape*, Surrey, p. 27-28, July 1994b.

ULMANN'S *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 5. ed. New York: VCH, 1986, v. A.6.